

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-045667
(43)Date of publication of application : 17.02.1998

(51)Int.Cl. C07C 63/26
C07C 51/265
C07C 51/48

(21) Application number : 08-199142

(71)Applicant : MITSUBISHI GAS CHEM CO INC
TOYOBO CO LTD
MIZUSHIMA AROMA KK

(22) Date of filing : 29.07.1996

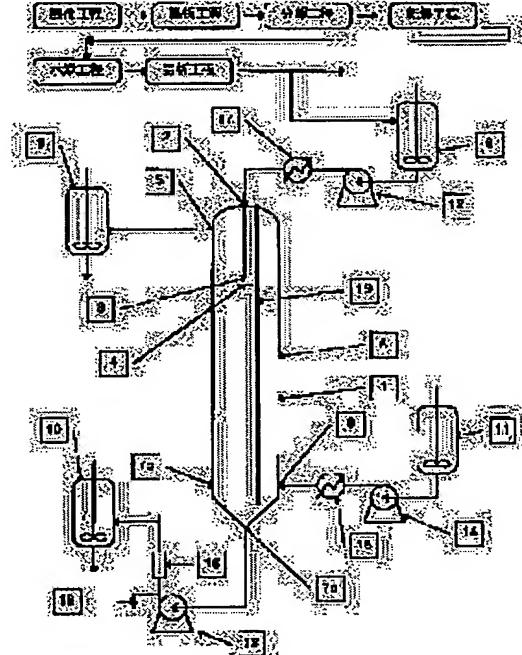
(72)Inventor : INARI MASAHITO

(54) PRODUCTION OF HIGH-PURITY TEREPHTHALIC ACID USING DISPERSION MEDIUM EXCHANGER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable the production of a high-purity terephthalic acid in high efficiency of dispersion medium exchange by controlling the extraction of the replaced slurry so that the upper part of the medium exchanger may be kept at a higher temperature and the zone showing a sharp temperature change may be maintained.

SOLUTION: In a dispersant exchanger equipped with a stirrer for uniform dispersion in the lower part, the original slurry (R1) comprising the first dispersant (S1) and terephthalic acid crystal (C) is introduced from the upper part 3 of the dispersant-exchanging column A, while the second dispersant (S2) is introduced from the lower part 6 and the exchanged slurry (R2) comprising C and S2 is extracted out of the lower part 7a. The S1 is extracted out of the top 5 to product high-purity terephthalic acid. In this case, the concentration of the slurry uniformly dispersed in the lower part of the dispersant-exchanging column A is made higher than that at the intermediate part and the temperature distribution in the vertical direction of the column A is made so that the upper part becomes higher and the feed of the S2 or the extraction of the R2 are controlled according to zones of the temperature change.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 20.06.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than]

the examiner's decision of rejection or
application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of
rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-45667

(43)公開日 平成10年(1998)2月17日

(51) Int.Cl.⁶ 識別記号 序内整理番号 F I 技術表示箇所
C 0 7 C 63/26 2115-4H C 0 7 C 63/26 K
2115-4H N
51/265 2115-4H 51/265
51/48 2115-4H 51/48

審査請求 未請求 請求項の数 1 OL (全 6 頁)

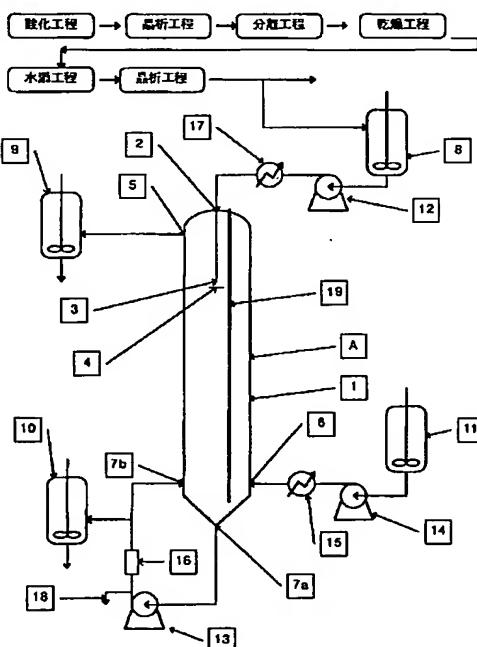
(21)出願番号	特願平8-199142	(71)出願人	000004466 三菱瓦斯化学株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目5番2号
(22)出願日	平成8年(1996)7月29日	(71)出願人	000003160 東洋紡績株式会社 大阪府大阪市北区堂島浜2丁目2番8号
		(71)出願人	592162324 水島アロマ株式会社 岡山県倉敷市水島中通2丁目3番地-1
		(72)発明者	稻荷 雅人 岡山県倉敷市水島海岸通り3丁目10番地 三菱瓦斯化学株式会社水島工場内

(54) 【発明の名称】 分散媒置換装置を用いた高純度テレフタル酸の製造方法

(57)【要約】

【課題】第一分散媒とテレフタル酸結晶からなる原スラリーを上部より、第二分散媒を下部より導入し、下部より主にテレフタル酸結晶と第二分散媒からなる置換スラリーを抜き出し、頂部より主に第一分散媒を抜き出し、下部に均一分散のための攪拌装置を有する分散媒置換装置を用いた高純度テレフタル酸の製造方法において、高い置換効率で安定して運転する方法を提供する。

【解決手段】下部の均一分散されたスラリー濃度を装置中間部のスラリー濃度よりも高濃度とし、装置内の縦方向の温度分布を上部が高温になるようにして、その温度変化ゾーンにより第二分散媒の導入量および／または置換スラリーの抜き出し量を制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】第一分散媒とテレフタル酸結晶からなる原スラリーを上部より、第二分散媒を下部より導入し、下部より主にテレフタル酸結晶と第二分散媒からなる置換スラリーを抜き出し、頂部より主に第一分散媒を抜き出し、下部に均一分散のための攪拌装置を有する分散媒置換装置を用いた高純度テレフタル酸の製造方法において、下部の均一分散されたスラリー濃度を装置中間部のスラリー濃度よりも高濃度とし、装置内の縦方向の温度分布を上部が高温になるようにして、その温度変化ゾーンにより第二分散媒の導入量および/または置換スラリーの抜き出し量を制御することを特徴とする高純度テレフタル酸の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は分散媒置換装置を用いた高純度テレフタル酸の製造方法に関し、詳しくは精製のために、液相酸化反応より得られた粗テレフタル酸結晶スラリー、あるいは粗テレフタル酸の接触水素化処理や再結晶処理することによって得られた不純物の多いテレフタル酸結晶スラリーの分散媒を、他の溶媒と置換する分散媒置換方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】テレフタル酸はp-キシレンを代表とするp-アルキルベンゼン等のp-フェニレン化合物の液相酸化反応により製造されるが、通常は酢酸を溶媒としてコバルト、マンガン等の触媒を利用し、またはこれに臭素化合物、アセトアルデヒドのような促進剤を加えた触媒が用いられる。しかし、この反応は酢酸を溶媒とし、反応生成物には4-カルボキシベンズアルデヒド(4CBA)、パラトルイル酸(p-TOL)等の不純物を含むため、高純度のテレフタル酸を得るにはかなり高度の精製技術を必要とする。

【0003】液相酸化反応で得られた粗テレフタル酸を精製する方法として、粗テレフタル酸を酢酸や水、あるいはこれらの混合溶媒などに高温、高圧下で溶解し、接触水素化処理、脱カルボニル化処理、酸化処理、再結晶処理やテレフタル酸結晶が一部溶解したスラリー状態での高温浸漬処理などの種々の方法が知られている。このような液相酸化反応による粗テレフタル酸の製造、あるいはその精製においては、いずれの場合も最終的にはテレフタル酸結晶を分散媒から分離する操作が必要となる。

【0004】しかるに酸化反応生成物や、粗テレフタル酸スラリーを精製処理したスラリーの場合、不純物として存在する4CBAやp-TOL等の酸化中間体あるいは着色原因物質等は、高温ではそのほとんどが溶媒中に溶解しているが、テレフタル酸溶液を100°C前後まで冷却し、テレフタル酸結晶を含むスラリーを形成するとこれらの不純物はテレフタル酸結晶の中に取り込まれる

ようになり、高純度のテレフタル酸を得ることは困難になる。従って、前述の酸化反応スラリーあるいは精製処理後のスラリーから、可及的高純度テレフタル酸を分散媒から分離するためには、高温、加圧の条件下において行なうことが必要となる。

【0005】結晶を含むスラリーから分散媒を分離する方法として最も一般的に用いられているのは遠心分離法であり、テレフタル酸結晶スラリーの場合も遠心分離法が広範に使用されている。遠心分離法は、高速回転をしているバスケット中にスラリー溶液を導入し、分散媒を上部からオーバーフローさせ、結晶は下部へ誘導する方法であるが、遠心分離器の構造上及び機能上の制約から、高温、高圧下での連続運転にはいくつかの困難を伴うことが知られている。まず、遠心分離中又は分離後の結晶のリーンが難しいので、結晶への分散媒付着量が多くなり易い。このために通常は、遠心分離されたテレフタル酸結晶のケーキを再び新鮮な高温溶媒でスラリー化する方法が採られるが、分離操作をもう一度行なわなければならぬ課題を残している。さらには、高温、高圧で高速回転を行なうために、遠心分離機の保全、保守が煩雑、困難であるため、それに対する投資が増し、この分野の技術としては高度化されているとは言い難い。

【0006】遠心分離法に代わる分離法として近年、重力によりテレフタル酸結晶の沈降作用を利用した分散媒置換装置が提案されている。例えば特開昭55-87744号や特開昭57-53431号では装置内流体のチャンネリングやバックミキシングを回避して置換効率を高めるために分散媒置換装置の内部に棚段を設置することが記載されている。しかしながらスラリーを扱い、しかも重力沈降を利用した装置で、このような棚段を設けることは、棚への堆積、開孔部の閉塞やバルキングを起こし易く、運転の安定化には多大な労力を要するなどの、多くの困難を伴い、とても高度化された技術とは言い難い。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明者らは先に、分散媒置換装置の下部に攪拌装置を設け、さらに下部のスラリー濃度が装置中間部のスラリー濃度よりも高くなるようにすることによって、棚段を必要とせず、簡便に、しかも十分な性能を持って分散媒を置換することを見出し、特許出願を行った(特願平7-326738号)。しかしながらこの分散媒置換装置では、①第一分散媒とテレフタル酸結晶からなる原スラリーを供給する供給口、②第二分散媒を導入する供給口、③主にテレフタル酸結晶と第二分散媒からなる置換スラリーを抜き出す排出口、④主に第一分散媒を抜き出す排出口の4つの出入口があり、①の供給流量以外は自由に変えることができるが、これは運転のフレキシビリティを生むと同時に、分散媒置換効率等の性能に影響を与えることとなるので、流量管理が相当煩雑であり、分散媒置換装置を安

定して運転することが困難であった。

【0008】

【課題を解決する手段】本発明者らは上記の如く、実際の装置として極めて現実的で困難を有する分散媒置換装置について鋭意検討した結果、分散媒置換装置内部の温度分布を上部が高温になるようにすればシャープな温度変化を見せるゾーンが存在し、この温度ゾーンを維持するように第二分散媒の導入量および／または置換スラリーの抜き出し量を制御することにより、容易に分散媒置換装置を高い置換効率で管理できることを見出し、本発明に到達した。

【0009】即ち本発明は、第一分散媒とテレフタル酸結晶からなる原スラリーを上部より、第二分散媒を下部より導入し、下部より主にテレフタル酸結晶と第二分散媒からなる置換スラリーを抜き出し、頂部より主に第一分散媒を抜き出し、下部に均一分散のための攪拌装置を有する分散媒置換装置を用いた高純度テレフタル酸の製造方法において、下部の均一分散されたスラリー濃度を装置中間部のスラリー濃度よりも高濃度とし、装置内の縦方向の温度分布を上部で高温になるようにして、その温度変化ゾーンにより第二分散媒の導入量および／又は置換スラリーの抜き出し量を制御することを特徴とする高純度テレフタル酸の製造方法である。

【0010】

【発明の実施の形態】本発明における分散媒置換装置は、液相酸化反応より得られた粗テレフタル酸結晶スラリー、又は粗テレフタル酸の接触水素化処理や再結晶処理することによって得られた、不純物の多いテレフタル酸結晶スラリーの処理に用いられる。一般に液相酸化反応は酢酸溶媒が用いられることが多く、接触水素化処理では水溶媒が用いられることが多い。このようなプロセスにおいて粗テレフタル酸結晶スラリーを分散媒置換装置で溶媒の置換処理する場合には、第一分散媒は酢酸となり、第二分散媒は水となる。また本発明における分散媒置換装置はテレフタル酸結晶スラリーの精製に用いることもでき、例えば上記の如き接触水素化処理によって得られたテレフタル酸結晶スラリーを精製処理する場合には、第一分散媒も第二分散媒は水となる。このように第一分散媒つまり置換される分散媒は、第二分散媒つまり置換する分散媒と同じ物質であってもよいし、違う物質であってもよい。

【0011】本発明において分散媒置換装置は内部に柵段などを特に必要とせず、通常は空塔が用いられる。また分散媒置換装置の下部に設置される攪拌装置は、実質的に装置下部を均一分散化する装置であればよく、種々の攪拌羽根のついたいわゆる攪拌機でも、下部に混合流を生じせしめる循環ポンプのようなものでもかまわない。また、攪拌を助勢するためバッフルを入れることも好適に行なわれる。この時、装置下部のスラリー濃度を高く維持することは、下部に供給する分散媒と抜き出す

スラリー流量を制御することによって果たすことが出来る。

【0012】分散媒置換装置で高い置換効率を維持するために、装置内で微弱な上昇流を生じせしめることが運転上のポイントとなる。もし装置内部に下降流が生じた場合、前述の④から排出すべき第一分散媒の一部が③の置換スラリー排出口の流れに混入する。これはスラリーの第一分散媒を第二分散媒に置換するという目的を阻害する要因となる。従ってこのような装置内部の下降流は絶対に避けなければならない。また分散媒置換装置の性能は上昇流の大小で大きく変化することが知られている。

【0013】しかし分散媒置換装置内の流れは、例えば②の第二分散媒供給液量と、③の置換スラリー中の液成分の抜き出し液量の差分となり、独立の流量として操作することはできない。しかも厄介なことに置換スラリー中の液成分の流量を知るためには置換スラリーの固体濃度をオンラインで知る必要がある。このスラリー濃度は検出される物理量の中では誤差の多い物理量で、しかもこれをオンラインで検出するには極めて困難である。もちろん変動を覚悟すれば検出されることはないが、管理すべき装置内の上昇流量は差分の基となるメインの流量からすれば1/10程度の微弱な流れであるので、これに応じた精度が必要となる。もちろん上昇流を大きくすれば管理は容易になるが、前述の②第二分散媒の導入量を増加して③からの置換スラリーを増加すれば後に排水となる母液量が増大することになるので、③からの流量が制限される。

【0014】本発明の方法により、装置上部を装置下部に対して相対的に高温にし、底部のスラリー濃度を中間部に対して相対的に高濃度に維持することによって原理は判然としないものの、特徴的な温度分布、すなわち上下方向に非常にシャープな温度変化を見せるゾーンができることが確認された。通常、空塔に流体を充満し、微量な流れを持たせながら上部と下部に温度差を付けた場合は、上部から下部にかけて緩やかな勾配を持った温度分布を見せるのが常識であるが、このようなシャープな（急激な）温度変化を示すことは全く常識を覆すものである。

【0015】発明者等がこの急激な温度変化ゾーンについて検討した結果、このシャープな温度変化を見せるゾーンの位置は内部の上昇流に敏感に反応することが明らかになり、このゾーンの位置をコントロールすることで内部の上昇流をコントロールできることが分かった。このゾーンの位置は上昇流が大きくなると高くなり、上昇流が小さくなると低くなる。従って、このゾーンが低くなつたことを検知すればこれは上昇流量が小さくなつたことであり、この場合には上昇流量を増加させる処置、例えば第二分散媒量を増加させるか、或いは置換スラリーの抜き出し流量を減少させる操作を行うことにより上

昇流が大きくなり、分散媒置換装置において高い置換効率が維持される。

【0016】装置の上下に温度差を付ける操作、すなわち装置内の縦方向の温度分布を上部が高温になるようにする操作は、例えば第二の分散媒の温度を供給スラリーの温度より低くすることによって行うことができる。このような運転方法を採れば、分散媒置換装置の置換効率を高く維持できるのみでなく、底部のスラリーの分散媒の比重が供給スラリー中の分散媒の比重より高くなり、より安定した系を形成する。

【0017】分散媒置換装置は構造が簡単であり閉鎖系の装置であることから加圧での運転が容易で、運転圧力下での各分散媒の沸点以下の温度で好適に使用される。分散媒置換装置では2つの供給口と2つの排出口があり、高い置換効率を維持するために各々の供給口と排出口の流量管理が相当煩雑であったが、本発明の方法により分散媒置換装置の管理が容易となり、高い置換効率を安定して維持することができる。

【0018】

【実施例】次に実施例によって本発明を更に具体的に説明する。但し本発明は、以下の実施例により制限されるものではない。

【0019】実施例1

図1は実施例で用いた高純度テレフタル酸の製造方法の工程と分散媒置換装置のフローを示す。図1において酸化工程で通常酢酸溶媒を用いてp-キシレン等の液相酸化反応が行われ、晶析工程で冷却により粗テレフタル酸が析出する。得られた粗テレフタル酸は分離工程で通常遠心分離器を用いて結晶が分離され、乾燥工程で乾燥の後、水添工程で水溶媒下の接触水素化反応により精製され、精テレフタル酸となり、次の晶析工程で精テレフタル酸のスラリーが得られる。図1は晶析工程で得られた精テレフタル酸のスラリーを分散媒置換塔Aで処理した場合の分散媒置換装置のフローを示す。

【0020】分散媒置換装置は、分散媒置換塔Aを中心とし、この塔に原スラリー槽8、第二分散媒を供給する置換分散媒槽11、排出される置換された第一分散媒を受ける分散媒溢流槽9および抜き出されたスラリーを受ける置換スラリー槽10が接続されており、必要な送液用及び攪拌用ポンプから構成されている。分散媒置換塔Aは垂直方向に長い構造をしている内径が100mmのステンレス製筒状塔を用いた。

【0021】分散媒置換装置の上部には原スラリーが導入され、原スラリー槽8に接続するスラリー受け入れ口2と置換塔上部に延びるスラリー導入口3とからなり、スラリー導入口3の先端にはスラリー分散を助ける分散板4が設置されている。第一の分散媒とテレフタル酸結晶からなる原スラリーは原スラリー槽8からポンプ12を経て原スラリー受入口2に達し、原スラリー導入口2から置換塔上部に散布される。散布されたスラリーの内、

テレフタル酸結晶は概ね筒状塔1に沈降し、第一の分散媒とテレフタル酸結晶の内的一部分で特に微細なものについては置換塔上部側面のスラリー分散媒溢流部5より溢流分散媒槽9に溢流する。

【0022】塔下端側には攪拌用ポンプ13が接続されており、置換スラリー抜き出し部7aからポンプ13を通してリサイクル戻り口7bに至る循環流れにより置換塔下端部分を攪拌する。置換塔下端部分からの置換を終えたスラリーの抜き出しは攪拌用ポンプ13の吐出口から分岐したラインから行い、抜き出したスラリーは置換スラリー槽10に貯められる。置換する第二の分散媒は置換分散媒槽11より輸送ポンプ14を経由し置換塔下端部分側面の置換分散媒供給口6より供給される。分散媒置換塔A内には上端から下端にかけて温度計を挿入するための温度測定用鞘管19を設置し、分散媒置換塔Aの縦方向の温度分布を詳細に測定した。

【0023】このような装置を用いて、パラキシレンをコバルト、マンガン、臭素触媒の存在下空気酸化して得た粗テレフタル酸を水溶媒下で接触水添、再結晶によって精製することで得たテレフタル酸結晶スラリーの分散媒を新鮮な水で置換した。ここで用いた粗テレフタル酸結晶は、商業規模の装置を使って含水酢酸中でパラキシレンを空気酸化し、晶析の後、分離、乾燥して製造した。触媒には酢酸マンガン、酢酸コバルト及び臭化水素酸を用いた。酸化反応温度は200°C、圧力は16気圧であった。この粗テレフタル酸結晶を熱水に溶解し、280°Cで水素共存下、活性炭に担持させたパラジウム触媒の充填層を通して不純物を接触水添処理した後、直列に連結された晶析槽へ導いて順次放圧し、100°Cまで冷却したもの採取して原料スラリーとし、原スラリー槽8に供給した。

【0024】まず置換塔下端部分に精製テレフタル酸結晶を仕込み、ここに水を置換分散輸送ポンプ14より熱交換器15を通して100°Cに加熱して供給し攪拌用ポンプ13を起動して攪拌を開始しテレフタル酸結晶濃度が30重量%となるように分散させた。スラリー分散媒溢流部5まで液面が達したところで原スラリー輸送ポンプ12を起動し、原スラリーの供給を開始すると同時に置換スラリー槽10への抜き出しを開始した。原料の粗テレフタル酸結晶スラリーは途中、熱交換器17で150°Cに加熱した。また底部のスラリー濃度はオンライン密度計16で検知された密度から換算して求める一方、攪拌用ポンプ13の吐出のサンプリング口18から一時間毎にスラリーをサンプリングし分離乾燥してスラリー濃度を算出した。

【0025】各供給量及び抜き出し量は以下の通りとした。

原スラリー供給量	40.5 kg/h
第二分散媒供給量	31.7 kg/h
溢流分散媒抜き出し量	38.0 kg/h
置換後スラリー抜き出し量	37.7 kg/h

この時、供給スラリー濃度は30%に調合し、抜き出しスラリー濃度を32%とし、装置内部の上昇流量を断面積で除した上昇線速度を0.76m/hになるように設定した。

【0026】実験を開始して30分後に図2のように、置換塔A内に、縦方向の急激な温度変化を示すゾーンが装置内最低部から120~170mmの間にはっきりと確認された。以後、このゾーンが下がると置換分散媒供給口6からの第二分散媒の流量を増やし、上がると該流量を下げる一定の位置になるように調整した。数時間運転を継続して、系内の液流れが十分に定常状態に達してから、分散媒置換塔に導入したスラリーの分散媒中の安息香酸濃度と、テレフタル酸結晶スラリー槽10内の液の分散媒中の安息香酸濃度を分析した。

【0027】分散媒置換装置の置換率は、原料スラリー分散媒中の安息香酸量に対する、置換されて溢流部5より溢流した分散媒中に含まれる安息香酸量、つまり主流のテレフタル酸結晶を多く含む流れから置換して分けられた安息香酸量の百分率と定義する。一時間毎のサンプリングを基に該置換率の変化を経時的に測定した結果を表1に示す。これより置換率が極めて安定しており、上昇線速度を管理する手段として、分散媒置換塔A内における縦方向の温度分布を測定し、急激な温度変化を示すゾーンが同じ位置になるように第二分散媒の流量を調整することによって安定した置換率を維持できることが分かる。

【0028】

【表1】

経過時間(H)	置換率(%)
3	92.2
4	92.0
5	92.0
6	92.3
7	91.8
8	92.2
9	92.3
10	92.0

【0029】比較例

実施例と同じ装置、同じ流量条件で、オンライン密度計16で検知された密度から置換スラリー濃度を計算し、その流量と置換スラリー濃度から分散媒流量を推定し、第二分散媒流量と推定された置換スラリー中の分散媒流量の差からの上昇線速度より管理するように運転した。その結果を表2に示す。オンライン密度計16で検知された密度は数%程度のが誤差あり、この誤差により第二分散媒流量と推定された置換スラリー中の分散媒流量の差の誤差が拡大されることから、置換率の変動も実施例に比べて格段に大きかった。

【0030】

【表2】

経過時間(H)	置換率(%)
3	91.2
4	88.9
5	93.0
6	92.3
7	90.5
8	90.1
9	93.1
10	89.2

【0031】

【発明の効果】以上の如く、分散媒置換装置の上部に分散媒の置換の必要なスラリー導入口を設け、塔底には所望の分散媒供給部を形成し、当該分散媒供給部を均一分散状態にし、そのスラリー濃度を筒状塔内部のスラリー濃度より高くする分散媒置換装置において、装置内の縦方向の温度分布が上部が高温になるようにし、各運転時に於ける装置内の縦方向の温度分布を検出し、その温度変化ゾーンにより第二分散媒の導入量、または置換スラリーの抜き出し量をコントロールすることによって、分散媒置換装置を容易に高い置換効率で安定して運転することができる。温度変化ゾーンによりコントロールする本発明の方法は簡単で容易に行うことができ、高い信頼性が得られることから工業的に極めて優れた方法である。本発明の方法を用い分散媒置換装置の運転を行うことによって、テレフタル酸製造装置において遠心分離機などを用いずに溶媒置換やテフタル酸結晶スラリーの精製を安定して行うことができるようになり、極めて有利なテレフタル酸製造プロセスが確立される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明における高純度テレフタル酸の製造方法の工程と分散媒置換装置のフローの一例を示す。

【図2】実施例1における分散媒置換装置内部の温度分布の測定結果を示す。

【符号の説明】

- A ····· 分散媒置換塔
- 1 ····· 筒状塔
- 2 ····· 原スラリー受け入れ口
- 3 ····· 原スラリー導入口
- 4 ····· 分散板
- 5 ····· スラリー分散媒溢流部
- 6 ····· 置換分散媒供給口
- 7 a ····· 置換スラリー抜き出し部
- 7 b ····· リサイクル戻り口
- 8 ····· 原スラリー槽
- 9 ····· 溢流分散媒槽
- 10 ····· 置換スラリー槽
- 11 ····· 置換分散媒槽
- 12 ····· 原スラリー輸送ポンプ
- 13 ····· 搅拌用ポンプ
- 14 ····· 置換分散媒輸送ポンプ

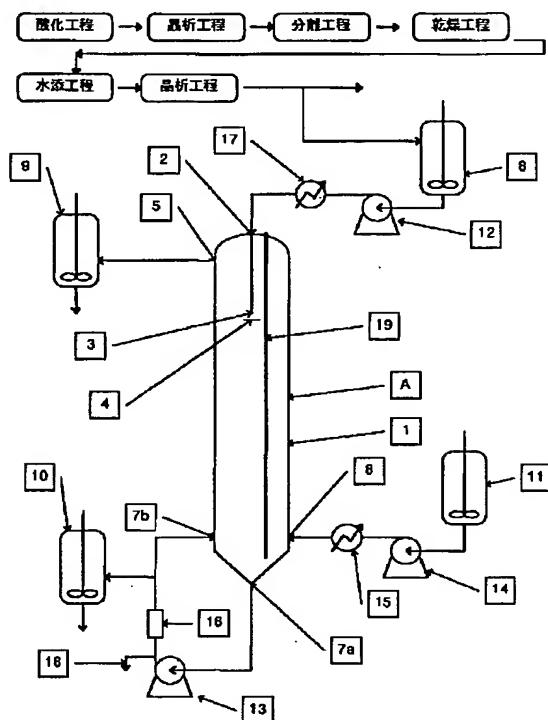
(6)

特開平10-45667

15 . . . 热交換器
 16 . . . オンライン密度計
 17 . . . 热交換器

18 . . . サンプリング口
 19 . . . 温度測定用鞘管

【図1】



【図2】

